

6/17

⑨ 日本国特許庁 (JP)  
⑫ 公表特許公報 (A)

⑩ 特許出願公表  
昭58—500916

⑪ Int. Cl. <sup>3</sup>	識別記号	庁内整理番号	⑬ 公表 昭和58年(1983)6月2日
G 02 B 5/18		7370—2H	
G 03 G 21/00		6773—2H	部門 (区分) 6(2)
G 11 B 3/84		7247—5D	審査請求 有
23/02		7177—5D	
23/40		7177—5D	
// B 42 D 15/02		7008—2C	(全 11 頁)

⑭ 多色照射光の入射角に応動する回折減光カラーフィルタ

⑮ 特 願 昭57—502402  
⑯ 出 願 昭57(1982)6月30日  
⑰ 翻訳文提出日 昭58(1983)3月18日  
⑱ 国際出願 PCT/US82/00881  
⑲ 国際公開番号 WO 83/00395  
⑳ 国際公開日 昭58(1983)2月3日  
㉑ 優先権主張 ㉒ 1981年7月20日 ㉓ イギリス(GB)  
㉔ 8122335  
㉕ 1981年9月17日 ㉖ イギリス(GB)  
㉗ 8128194

⑮ 発 明 者 クノツプ・カール・ハインリツヒ  
スイス国チューリツヒ・ツエ・ハー8046  
⑯ 発 明 者 バンネンホルツシュトラッセ18  
モールフ・ルドルフ・ハンス  
スイス国ビンタートウール・ツエ・ハー  
8400リュツベンベルクシュトラッセ163  
⑰ 出 願 人 アールシーエー・コーポレーション  
アメリカ合衆国ニューヨーク州10020ニ  
ューヨーク・ロツクフエラー・プラザ30  
⑱ 代 理 人 弁理士 清水哲 外2名  
⑲ 指 定 国 AU, CH, DE, GB, JP, NL

30

請求の範囲

(1) 所定の波長スペクトルを有する入射多色照射光に  
答して、(1)上記照射光の入射角 $\theta$ の関数として変化し、  
かつ各入射角について所定の方向に関しそれぞれ平行ま  
たは直交するように偏光される別々の部分を含む反射ス  
ペクトルを取出し、また(1)上記反射スペクトルと実質的  
に相補的な透過スペクトルを取出す、ための回折減光カ  
ラーフィルタであつて、特徴として、

表裏両面間の厚さが $d$ で、変化する屈折率を有し、こ  
の变化する屈折率によつて、周期 $d$ を有し上記両面に  
平行でかつ上記所定方向に直交する方向に延びる回折  
構造の互に入組んだ周期的回折素子に分割されしかも上  
記回折素子の各々が実質的に上記両面および上記所定  
の方向に平行な方向に延びるようにされた、第1の光学  
的媒質より成り、

各回折素子の本体における各変化する屈折率の空間  
的分布は、その回折素子を成る値の比較的高い屈折率と  
比較的低い屈折率をもつ複数の別々の3次元領域に分割  
し、上記領域の各々は特定の寸法と形状を持ちそれによ  
つて各回折素子の本体は全体的に平均屈折率 $\bar{n}$ を有し、

上記平均屈折率 $\bar{n}$ は、上記表裏両面のうちの一方に接  
する第2の光学的媒質の屈折率 $n_2$ よりも大きく、また上  
記表裏両面のうちの他方に接する第3の光学的媒質の屈  
折率 $n_3$ よりも大きく、

最小波長 $\lambda_1$ から最大波長 $\lambda_2$ に延在する上記照射光波長

31

スペクトルのサブ・インタバル内のすべての自由空間波  
長 $\lambda$ において、 $\max(n_2, n_3)$ は一般に $n_2$ と $n_3$ のうち大  
きな方を表わすが $n_2 = n_3$ の特別な場合には $n_2$ または $n_3$ を  
表わすものとしたとき、次の関係が成立し、

$$\bar{n} > \max(n_2, n_3) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$d \max(n_2, n_3) < \lambda_2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$d(\bar{n} + 1) > \lambda_1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\bar{n} \geq \lambda_1 \quad \dots\dots\dots (4)$$

これによつて上記各スペクトルの特性が、(1)上記照射  
光の入射角、(2) $\bar{n}$ の値を決定する、上記或る値の比較的  
高い屈折率と比較的低い屈折率の上記各領域の特定寸法  
と形状、および(3)と(4)の各物理的値に依存するような、  
回折減光カラーフィルタ、

(2) 表裏両面間の厚さが $d$ で、変化する屈折率を有し、  
この変化する屈折率によつて、周期 $d$ を有し上記両面に  
平行でかつある所定方向に直交する方向に延びる回  
折構造の互に入組んだ周期的回折素子に分割されしかも  
上記回折素子の各々が上記両面に実質的に平行にかつ上  
記所定方向に平行な方向に延びるようにされた、第1の  
光学的媒質より成り、

各回折素子の本体における上記変化する屈折率の空間  
的分布はその回折素子を成る値の比較的高い屈折率と  
比較的低い屈折率をもつ複数の別々の3次元領域に分割  
し、上記領域の各々は特定の寸法と形状を持ちそれによ  
つて各回折素子の本体は全体的に平均屈折率 $\bar{n}$ を有し、

FP03-0047  
—00WC—SE

04.5.25

SEARCH REPORT

上記平均屈折率 $\bar{n}$ は、上記被覆両面のうちの一方に接する第2の光学的媒質の屈折率 $n_2$ よりも大きく、また上記被覆両面のうちの他方に接する第3の光学的媒質の屈折率 $n_3$ よりも大きく、

少なくとも最小波長 $\lambda_1$ から最大波長 $\lambda_2$ に延在するサブ・インタバル内のすべての自由空間波長 $\lambda$ において、上記被覆両面に垂直で上記所定方向に平行な面に対し等から $\alpha$ の範囲内にある照射光のすべての入射角について、 $\max(n_2, n_3)$ が一般に $n_2$ と $n_3$ のうち大きな方を表わすが、 $n_2 = n_3$ なる特別な場合には $n_2$ または $n_3$ を表わすものとしたとき、次の関係すなわち、

$$\bar{n} > \max(n_2, n_3) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$d \max(n_2, n_3) < \lambda_2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$d(\bar{n} + 1) > \lambda_1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$4\bar{n}t \geq \lambda_1 \quad \dots\dots\dots (4)$$

が成立するような、回折減光フィルタの使用法であつて、

(i) 上記サブ・インタバルの $\lambda_1 < \lambda < \lambda_2$ に延在する上記波長を含む拡散可視多色光で上記フィルタを照射する過程と、

(ii) 等から $\alpha$ に至る間の範囲中の第1の所定角度 $\alpha_1$ において上記フィルタから反射される光の第1の色あいを観測する過程と、

(iii) 等から $\alpha$ に至る間の範囲中における上記第1の所定角度 $\alpha_1$ とは異なる第2の所定角度 $\alpha_2$ において上記フィルタから反射される光の第1の色あいは異なる第2

の色あいを観測する過程と、より成る方法。

(3) 色造の対象となるようなシート材料から成る認証品目とその品目に固着された認証装置とより構成されており、上記認証装置は、

屈折率 $n_3$ を有する材料で構成されており、かつその可視表面上の成る領域に、それぞれが該延長方向に直交する向きに周期 $d$ を有すると共に上記可視表面にエンボスされた所定振幅 $a$ を有する所定の周期的波形で形成された該方向を持つ表面凹凸パターンとしてエンボス形成された少なくとも1個の回折格子を含む回折構造を有し、上記シート材料に固着された基板と、

上記 $n_3$ より大きな屈折率 $n_1$ を有し、エンボスされた各回折格子の少なくとも各周期の所定部分上に被覆されて、上記可視表面に対し該延長方向に開つた回折格子の最大結合厚さ $t$ がエンボスされた回折格子の振幅 $a$ とその回折格子の被覆材料の厚さとの和で形成されるように同じ所定の厚さおよび形状特性を有する固体材料と、

上記 $n_1$ より小さな屈折率 $n_2$ を有し、上記凹凸パターンと上記被覆された材料とを被覆する固体材料より成り、各回折格子の上記結合厚さ $t$ 内で未だ上記基板材料または上記被覆材料によつて占められていない空間をすべて充填する被覆と、を具備し、

$\bar{n}$ を、基板、被覆材料および各回折格子の結合厚さ $t$ で占められる空間内における被覆材料の平均屈折率とし、 $\max(n_2, n_3)$ を一般に $n_2$ と $n_3$ のうちの大きい方を表わ

# 1 明 細 書 多色照射光の入射角に応動する 回折減光カラーフィルタ

〔発明の関連する技術分野〕

この発明は、回折減光（ディフラクティブ・サブトラクティブ）カラーフィルタに、より詳しくは、シート材料より成る認証品目用の認証装置として使用するに好適する新しい形式の回折減光カラーフィルタに関するものである。

〔従来の技術〕

1978年5月18日付でノッブ（Knob）氏に与えられたこの発明と同一承継人に譲渡された米国特許第3,957,354号を参照して説明する。回折減光カラーフィルタ技法に関するこの特許は、零次回折出力光を高次回折出力光から分離するために多色光（たとえば白色光）で照射される位相回折媒体（透明または反射性）を使用している。この零次回折出力光は波長の色フィルタされて、位相回折媒体の空間的に分布された回折格子の波断面および実効光学的ピーク波長などのパラメータで決定されるカラー特性を有するようになる。高次回折光の集合体はこの零次回折光の補足的なカラー特性を持つ。上記の特許中で論議されているように、染料を使用しない回折減光フィルタはカラー画像の投影に使用することができる。その場合には、零次回折光が、この零次回折光を通すには充分な広さを有するが高次回折光を通し得るほどは広くない開孔を通して投射される。

また、1981年2月29日付でウェブスター(Webster)氏他により出願されたこの発明の承継人と同一承継人に譲渡された米国特許出願第235,970号も参照する。この特許出願は、偽造される可能性のある種々のシート材料品目を認証するのに米国特許第5,957,354号に開示された形式の反射型(透過性でなく)回折カラーフィルタを使用する。反射型回折認証装置を具えたシート材料の認証品目について述べている。その様な品目は、たとえば紙幣その他の有価証券、クレジットカード、パスポート、保安用のパスと書き機のレコード、そのカバー等を含むものである。その様な認証装置は、いわゆる偽造者が最新の写真複写機を使ってそれら書類のカラー複写をすることを防止する。この様なカラー複写機は現時点でまたは少なくとも近い将来には、専門家以外の人にとっては偽造品と真正品とを区別することが、不可能ではないにしても、極めて困難であると思われるような忠実度の高いカラー複写を行ない得るであろう。認証品目に固着される認証装置としての基本的要件は、写真複写されることのない明確な特性を持つていることである。付加的な要件は、この明確な特性が市井の人々に容易に理解できること、技術的に複雑で認証装置を製造するに要する原価が高いこと、および1ユニット当りの変動価格と1ユニット当りの上記高い原価の負担分との和がその実用を妨げないように充分安いことである。

前述の特許出願が開示するように、反射型回折減光カ

ラーフィルタは上記のすべての要件を満たすものである。その様なフィルタは、多色光の照射に応じて角度的に分離された相異なる色の反射回折次光を生成する特性を持っている。その様な特性は写真複写機では複写することができない。この認証品目を単に預けるだけで、零次回折光と1次回折光との間の分離角および各次回折光の角度は充分に大きく、市井の人々に容易に見分けのつく色相の違いを生じさせる。更に、その様な回折構造は高度の複雑さと原型のエンボス用マスタを作るのに高い原価を要する。そしてこのマスタはプラスチックフィルムに回折構造をエンボスすることによつて複製することができる。この複製技術によつて反射型回折認証装置の製作におけるユニット原価を低下させることができる。

#### (発明の開示)

この発明は、反射と透過の両方で定めた光学的特性を示す新しい形式の回折減光カラーフィルタに関するものである。反射の場合には、この発明による回折減光カラーフィルタは色付きの鏡として働き、視角によつて鏡の色が変わる。他のすべての鏡と同様に、この視角は、この視角をもつて反射される光がその反射角に等しい入射角でこの鏡に入射する光に依存し、その視角の反射角に等しくない任意入射角で鏡に入射するどの光にも全く無縁であるような、反射角である。従つて、一例を挙げるとこの発明の色付きの鏡は、フィルタの表面に直角の位置で見ると赤い鏡に見え、上記表面の垂線に対し20

度の角度から見ると緑色の鏡に見える。非吸収性構造の特別のケースでは、透過型のこの新規な回折減光カラーフィルタの色特性は反射型の特性と相補的なものである。従つて、透過型における色特性もまた角度依存性を示す。反射および透過型の両型式におけるこれらの角度依存型色特性は、この発明の新規な回折減光カラーフィルタを構成する回折構造の成程の物理的パラメータのそれぞれの値によつて特定される。この発明による回折減光カラーフィルタは、用途が次のものに限定される訳ではないが、前述した特許出願の開示内容に従つて反射型回折認証装置として非常に有利に使用することができる。

より詳しくは、この発明は、到来する所定波長スペクトルを有する多色照射光に応動して、この照射光の入射角と偏光との関数として変化する反射スペクトルを抽出するような、回折減光カラーフィルタに関するものである。この回折減光カラーフィルタは、また、実質的に反射スペクトルと相補的な(真に非吸収性の構造である場合)透過スペクトルも抽出する。構造的にはこのフィルタは両面間の厚さを有する第1の光学的媒質は変化する屈折率を持つており、それによつてこの第1光学的媒質は、実質的にその面に平行にかつ所定方向に対し直交する方向に延長する、周期dの、回折構造の互に入組んだ局所的な回折素子に分割されている。従つて、この回折素子の各1つは実質的にその面に平行で所定方向に垂直な方向に向つて延長している。更に、各回折素子

の本体(ポリユーム)内部の変化する屈折率の空間的分布は、この回折素子を成る該の屈折率をもつた複数の別々の3次元領域群に区分するが、この区分の中には比較的屈折率の高い1つまたはそれ以上の領域と、比較的屈折率の1つ以上の領域とが含まれている。この領域のそれぞれは特定の寸法と形状を有しそれによつて各回折素子の本体全体は平均屈折率 $\bar{n}$ を持つ。この回折素子のレベルは、通常、屈折率が $n_2$ の第2光学的媒質と屈折率が $n_3$ の第3の光学的媒質との間に埋込まれる。

対象とするスペクトル範囲が最小波長 $\lambda_1$ から最大波長 $\lambda_2$ まで延びておりと仮定しよう。このスペクトル範囲は、可視範囲( $0.4\mu \leq \lambda \leq 0.7\mu$ )または電磁波スペクトル中の他の部分にあるようにすることもできる。波長という語は、自由空間の波長(空気中の波長は実質的に自由空間波長と見なす)を意味する。下記の構造は次の関係を満足するものである。

$$\bar{n} > \max(n_2, n_3) \quad \dots\dots (1)$$

$$d \max(n_2, n_3) < \lambda_2 \quad \dots\dots (2)$$

$$d(\bar{n} + 1) > \lambda_1 \quad \dots\dots (3)$$

$$4\bar{n}t \geq \lambda_1 \quad \dots\dots (4)$$

ここで、 $\max(n_2, n_3)$ は一般に $n_2$ と $n_3$ のうち大なる方を表わすが、 $n_2 = n_3$ なる特別の場合には $n_2$ または $n_3$ を表わす。その結果、各スペクトルの特性は、(1)照射光の入射角と、(2)成る該の比較的高いおよび比較的低い屈折率の領域の各々の特定の寸法と形状(従つて、 $\bar{n}$ の値を決め

る)および、(3) d との各物理的値とによつて決まる。

【図面の説明】

図において、

第1図はこの発明の原理を使用した回折構造の一般的実施例を示す図。

第2図は第1図に一般化して示された回折構造の形態的に簡単な一定例を示す図。

第3図は第1図に一般化して示した回折構造の第1の実施例を製作するための工程を示す流れ図。

第3a図は第3図の例の第1の成形を示す図。

第3b図は互に関係のあるパラメータ値の所定のセットを有する、第3図および第3a図の回折構造を理想化した形で示す図。

第3c、3dおよび3e図は、それぞれ入射角0度、20度および40度の多色照射光に対する第3b図に示された構造の零次反射スペクトルを示す図。

第4図は第3図に示された方法で製作された回折構造の第2の成形を示す図。

第4a図は互に関係のあるパラメータ値の所定のセットを有する第4図の回折構造を理想化した形で示す図。

第4b図および第4c図は入射角0度および30度の多色照射光に対し第4a図に示す構造が呈する零次反射スペクトルをそれぞれ示す図。

第5図は第3図の方法で製作される回折構造の第3の成形を示す図。

作用を考慮する要はない。従つて、この発明の説明を判り易くするために、屈折作用は無視する。

この明細書中で使用する用語「自由空間波長」とは、フィルタ自体を構成する材料の屈折率に比べれば空気と真空中との屈折率の差は無視できる位のものであるから、真空中のみならず空気中または類似のものゝ中で波長を含むものとする。

【発明の実施例】

第1図には、表面2つの面102と104の間の厚さが $t$ である第1の光学的媒質100が示されている。第1図に示される如く、厚さ $t$ は縦のY方向に延長し、また面102と104はX方向および紙面に直交するZ方向(図示せず)に横に延長している。光学的媒質100は屈折率が変化していて、この媒質をX方向に延びる周期 $d$ を持つ互に入組んだ周期的回折素子106に区分している。これによつて各回折素子106は紙面に直交するZ方向(図示せず)に延長することになる。各回折素子106の本体内の変化している屈折率の空間的分布 $n(x, y)$ は、この回折素子106を、或る比較的高いおよび比較的低い値の屈折率の複数の互に別々の3次元領域(たとえば領域108、110および112)に、分割する。第1図に示されるように、これらの各領域は特定の寸法と形状を持つている。これによつて各回折素子106の全体値は平均屈折率 $\bar{n}$ となる。第1図において、後述構造領域108、110および112は第1、

第5a図は互に関係のあるパラメータ値の所定のセットを持つ第5図の回折構造を理想化した形で示す図。

第5bおよび5c図はそれぞれ入射角0度および20度の多色照射光に対する第5a図に示された構造の零次反射スペクトルを示す図。

第5aおよび5b図はそれぞれ入射角が0度および30度の多色照射光に対する、実際に作つた第6図に示された構造と同様な回折構造を有する実験的フィルタの零次スペクトルを示す図。

第7図は第5図に示す方法で製作された回折構造の第6の成形を示す図。

第8図および第9図はこの発明を実施した回折減光カラーフィルタの、認証品目の認証装置としての使用例を示す図である。

この明細書で使用する「光」という語は、波長のスペクトルが0.4~0.7 $\mu$ の可視光、波長のスペクトルが0.4 $\mu$ 未満の紫外光、および0.7 $\mu$ 以上の波長スペクトルを有する赤外光を含んでいる。しかし、以下に限られる訳ではないが、この発明は、この発明を使用した回折減光カラーフィルタに入射する、即ち零度から90度の全入射角でこのフィルタに同時に入射する広帯多色可視光(たとえば白色光)での使用に特に適している。

傾斜入射光が、相異なる屈折率をもつ2つの光学的媒質の界面を通過するとき屈折することは周知である。しかし、この発明の原理を理解するためにその様な屈折

第2および最終回折素子106について示され、一方第3および第4回折素子106には平均屈折率 $\bar{n}$ が示されている。しかし、第1図のすべての回折素子106の微細構造と平均屈折率 $\bar{n}$ はどちらも同様であると理解すべきである。

接触面102はY方向の厚さ $t_2$ と屈折率 $n_2$ を持つ第2の光学的媒質114である。接触面104はY方向の厚さ $t_3$ と屈折率 $n_3$ を持つ第3の光学的媒質116である。

第1図の回折減光カラーフィルタ内におけるどの様な吸収の量も無視できると仮定すれば、第2の光学的媒質114の頂面120上に垂直に對し角度 $\alpha$ で入射する多色照射光118の一部分は、最終的に垂直に對し反射角 $\alpha$ の零次反射出力光122を生ずる。この頂面120上にその垂直に對し角度 $\alpha$ で入射する多色光118の第2の部分は最終的に第3の光学的媒質116の底面からその垂直に對し角度 $\alpha$ で出て来る零次透過光124となる。

各反射角について零次反射光122のスペクトルの偏光と色特性は、多色光118の波長スペクトルと入射角に、および第1図に示す回折減光カラーフィルタの物理的パラメータに依存する。これらの物理的パラメータの中には、回折素子106の周期 $d$ のそれぞれの値と第1の光学的媒質100の厚さ $t$ 、第2の光学的媒質114の屈折率 $n_2$ と第3の光学的媒質116の屈折率 $n_3$ のそれぞれの値、および各回折素子106の本体内における空間的分布の関数として可変屈折率 $n(x, y)$ のそれぞ

れの値でこの各値は各領域108、110および112の寸法と形状および各回折素子106の平均屈折率 $\bar{n}$ を決定するものである。が含まれる。これらと同じフアクタは垂直線に対し角度 $\alpha$ で出て来る零次透過光124のスペクトルの色および偏光特性を決定する。それは、非吸収性構造という特定の場合には、透過光124が、零次反射光122と相補性の色特性を呈するからである。

光が電磁波でありまた電磁波の特性はマックスウェルの方程式によつて定められることは周知である。また、回折構造の周期 $d$ が入射光の波長に比べて非常に小であれば、入射光はその回折構造によつて影響されない(すなわち、見えない)ことも良く知られている。また、回折構造の周期 $d$ が入射光の波長より実質的に大であれば、この回折構造の回折特性はマックスウェルの方程式に頼らずにヘルミットフーホイゲンスの波動理論によつて与えられる簡略化した近似によつて、殆ど誤差なしに、決定できることも周知である。しかし、この発明の場合のように、回折構造の動作がこの回折構造の周期 $d$ の近い近辺にある波長より成る波長スペクトルを有する照射光によつて決まる場合には、その回折構造の特性を決定するのにマックスウェルの方程式を利用することは当然である。

前述の関係(1)は、 $\bar{n} > \max(n_2, n_3)$ である。これは、第1図の第1の光学的媒質100によつて形成される回折構造の平均屈折率 $\bar{n}$ の値が、この第1の光学的媒質

の値は互に可成り近接した値でなければならない。従つて、第1図に示された回折減光カラーフィルタの光学的特性を予関するためにはマックスウェルの方程式を使う必要がある。

関係(4)は次の通りである。

$$t \geq \frac{\lambda}{4\bar{n}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

この関係(4)は、多色光の波長スペクトルのうち、面102から反射する光線と面104から反射する光線で最終的には零次反射光122を形成するよう合成される光線の間の成る波長において、建設的なおよび破壊的な干渉が生じる(行路長の差に起因して)に足る厚さ $t$ を第1の光学的媒質100が持っていることを表わしている。

上記した条件のすべてに合致する回折減光カラーフィルタのフィルタ特性は、 $n_2$ 、 $n_3$ 、各領域108、110および112の寸法と形状を決める関数 $n(x, y)$ 、および $t$ と $d$ の物理的な値などの該フィルタの物理的パラメータの特定値によつて決まる。特定のフィルタを設計するには、相対波長スペクトル $\lambda/d$ の中の種々の相対波長における上記の様な物理的パラメータの選ばれたセットに関してマックスウェルの方程式を解かねばならない。実際には、如何なる特定の物理的パラメータについてもマックスウェルの方程式を数値解析によつて解くに必要な多くの計算をするには、コンピュータを使用する。或いは、特定値の物理的パラメータを有するフィルタを

100の頂面102に接触している第2の光学的媒質114の屈折率 $n_2$ の値よりも大きく、また光学的媒質100の底面104に接触している第3の光学的媒質116の屈折率 $n_3$ の値よりも大きいことを意味している。

関係(2)は、次の通りである

$$d \max(n_2, n_3) < 1 \quad \dots\dots\dots (2)$$

この条件の効果は、(少なくとも対象とするスペクトル範囲の一部で入射角 $\alpha = 0$ に等しい視角を有する)第1の光学的媒質100で発生される可能性のある零次以外の如何なる次数の回折光も連続して周囲へ出ることが無いように阻止することである。こうして、直角入射角(すなわち、 $\alpha = 0$ )をもつ多色光118から最終的に取出されて周囲に出て来るすべての反射光およびすべての透過光は、零次反射光122と零次透過光124だけから成るものとなる。

関係(3)は次の通りである。

$$d(\bar{n} + 1) > \lambda_1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

第1の光学的媒質100の平均屈折率 $\bar{n}$ は実質的に1である周囲の屈折率よりも大であるから、この第1の光学的媒質100内における光の波長はその周囲空間の対応する自由空間波長よりも短くなる。関係(3)は、第1の光学的媒質100内で少なくとも90度に近い成る入射角 $\alpha$ については、零次回折光と少なくとも一つの1次回折光は共に伝播できることを意味している。更に、関係(2)と(3)の両者が成立するためには、自由空間波長 $\lambda$ と $d$

製作してその反射スペクトル特性を測定することも可能である。

第1図に示すように、第2の光学的媒質114と第3の光学的媒質116は、それぞれ通常は第1の光学的媒質100の厚さよりも非常に厚い $t_2$ および $t_3$ なる厚さを有する材料より成る別々の層である。この第2および第3の光学的媒質114と116を形成する材料の各屈折率 $n_2$ と $n_3$ は、平均屈折率 $\bar{n}$ の値よりも小さいが、実質的に1である周囲の屈折率よりも一般に大である。しかしこれは不可欠条件ではない。原理的には、少なくとも第2の光学的媒質114および/または第3の光学的媒質116は空気または真空とすることができ、その様な特殊な場合には、多色光118は面102に直接入射して、零次反射光122および/または零次透過光124は表面102および/または104から直接出力することになる。

第2図は、第1図に一般化した形で示した回折減光カラーフィルタの、形状寸法的に簡単な特定例を示している。この第2図の特定例において、第1の光学的媒質100は、屈折率 $n_1 = 3$ の材料で作つた周期性をもつて隔置された矩形領域200で構成されている。これらの比較的高い屈折率をもつ領域200は、比較的低い屈折率 $n_0 = 1.5$ を有する矩形領域202によつて隔てられている。第2の光学的媒質114と第3の光学的媒質116は、それぞれ1.5に等しい屈折率 $n_2$ と $n_3$ を持っている。

第1の光学的媒体100の厚さ $t$ (これは両矩形領域200と202の高さである)は相対値0.525dを有する。ここに、 $d$ は各隣接領域200と202の対で構成される回折素子の空間的周期である。高い屈折率をもつ矩形領域200の幅 $W$ は、それぞれ相対値0.125dに等しい。従つて、低い屈折率をもつ矩形領域202の幅は、それぞれ相対値0.575dに等しい。

光学的媒質114と115は、第1の光学的媒質100の空間的周期 $d$ より非常に大きな厚さ $t_2$ と $t_3$ を持つている。一例を挙げると、厚さ $t_2$ の値は相対値37.5dであり、また厚さ $t_3$ は無制限に至るほど大きいと考えられる。

理論的に見て、第2図に示すこの複設複層格子は、多分、第1図に関連して前述した角度依存性の反射スペクトルを得られる、形状寸法的に最も簡単な構造であろう。この発明が基礎をかく仮定の有効性を試験するため、第2図に示す特定例について零次反射光の各スペクトルを、2つの入射角のそれぞれについてコンピュータで計算した。より詳しく言えば、各事例とも多色光の波長スペクトル $\lambda/d$ が1~2.4の相対 $\lambda/d$ 領域に括弧ついているとして、相異なる4事例についてそれぞれコンピュータによりマックスウェルの方程式を解いた。4つの事例とは、(A) 入射角が0度(垂直に対して)で入射光の電気ベクトル $E$ が格子の縦方向(第2図では紙面に直角方向)と平行に偏光されている場合、(B) 入射角が0度(垂直に対して)で入射光の磁気ベクトル $H$ が格子の縦方向と平

行に偏光されている場合、(C) 入射角が20度で入射光の電気ベクトル $E$ が格子の縦方向と平行に偏光されている場合、および(D) 入射角が20度で入射光の磁気ベクトル $H$ が格子の縦方向と平行に偏光されている場合、である。これら4つの事例において、第2図の物理的パラメータを有する構造についてのマックスウェルの方程式の解は、それぞれ、電気的および磁氣的の両偏光零次反射スペクトルが角度依存性であることを示している。これらの各反射スペクトルは、相対波長スペクトル $1 \sim 2.4$ に亘つて $\lambda/d$ の関数として零次反射光の割合(パーセンテージ)をプロットすることによつて得られる。この2つの電気的ベクトルのスペクトルの各々は、 $\lambda/d$ スペクトルの細分区分(サブ・インターバル)に亘つてそれぞれ1つの大きな反射のピークを呈すると共に波長スペクトル $\lambda/d$ の端部に亘つて複数のより低い反射ピークを呈することが判つた。 $\lambda/d$ で表わしたこの高い反射ピークの細分区分の各位置と高い反射ピークの形とは、0度で入射する多色光の場合と20度で入射する多色光の場合とは実質的に異なる。各 $H$ ベクトルスペクトルは比較的低い反射ピークだけから成っている。しかし、入射角0度の多色光の場合のそれらピークの、相対的高さ、形状および空間的分布は入射角20度の多色光の場合のそれとは異なっている。従つて、この発明が基礎としている仮定は有効である。

異なつた色効果は、 $d$ の値の選択によつて得ることが

できる。 $d$ の値を0.4 $\mu$ にすると、入射角を0度から20度に変化させたとき、色は赤みがかつた色から白に変わる。しかし、 $d$ の値を0.32 $\mu$ にすると、入射角を0度から20度に変えたときの色の変化は、緑から赤になる。更に、すべてのスペクトルは多数の、ピークや急峻なバンド端部という様な低反射の細部特性を含んでいるので、これらのピークや急峻なバンド端部は機械的識別用の認証装置に使用することができる。実際に、適切に $d$ の値を選定すると、長い波長部分に生ずるピークや急峻な端部の取るものを、可視スペクトル領域中でなく赤外線領域で生ずるようにすることができる。更に、 $E$ ベクトルおよび $H$ ベクトル反射スペクトルは互に非常に異なっている。この強い偏光依存性も、この発明を前述の形式の認証装置に利用する場合の、機械的識別用に適している。更に、格子の縦方向に平行なチャート軸を中心とする角度依存性は、格子の縦方向に垂直なチャート軸の場合と非常に異なっている。これは、機械的識別用に使用可能な別の相異点である。

第2図の構造は、2つの屈折率を各々 $n_1 = 3$ および $n_3 = n_2 = 1.5$ とし、厚さ $t$ と幅 $W$ を適当に選んで得られる。頂部および底部層の厚さ $t_2$ と $t_3$ は、それが $d$ に比べて大である限り重要なものではない。反射光を最も見易くするには底部層を強い吸収性(黒色)材料で経緯すべきである。第2図における上記の $t$ および $W$ の値は、良好な結果を得るための上記パラメータに関する唯一の選

択ではない。

認証装置用としては反射零次スペクトルが使用されるが、また生成される透過スペクトルも他の目的に有用であると認識すべきである。

第2図に示した形態のような寸法形状的に簡単な構造の主たる利点は、この発明の有効性を試験するためマックスウェルの方程式を解く場合にコンピュータによる計算が容易なことである。しかし、第2図の構造は、現在の技術では、現実の構造体として物理的に作成することが、不可能ではないが、非常に難かしい。第3図は、寸法形状的には複雑であるがより実質的で最も実現しやすい物理的構造を有する、この発明の実施例を製作する方法の諸段階を示している。

第3図は、この発明の原理を使用した完成フィルタを製作するための順次工程を示す流れ図で、それは、鋳造やホットプレスなどの周知技術による金属製エンボスマスク302によつてエンボスされた表面凹凸(レリーフ)パターンを有する熱可塑性材料300から出発している。一例として、金属マスク302は物理的な深さ $h$ を有する矩形波状断面を有するものとして示されている。第1工程は、屈折率が $n_3$ である熱可塑性材料300の上面に上記の波状断面をエンボスすることである。これによつて凹凸構造304が作られる。第2工程は、屈折率 $n_1$ を有した所定の厚さと形状特性を有する比較的薄い層材料306を、構造304の凹凸表面上に被覆すること

とである。周知の被覆技法には、蒸着、スパッタリング（特にイオンビーム・スパッタリング）、スピン法などがある。材料306は、熱可塑性材料300の屈折率 $n_3$ に比べて大きな屈折率 $n_1$ を持つものが選ばれる。次の工程は、構造304の凹凸表面上の被覆層306の上を、この被覆層306の屈折率 $n_1$ に比べて比較的低い屈折率 $n_2$ を有する材料308で被覆することである。これによつて、熱可塑性構造304中の表面凹凸起伏断面の溝の底面からこの起伏断面の頂部を覆う被覆層306の上面までの厚さを有する、第1の光学的性質より成る完成フィルムが構成される。第3図における第1の光学的性質は、熱可塑性構造304の起伏断面の頂を形成する部分（屈折率 $n_3$ ）、被覆層306（屈折率 $n_1$ ）の全部および表面凹凸起伏断面の溝のうち被覆層306によつて未だ充填されないが被覆材料308（屈折率 $n_2$ ）によつて埋められている部分で構成されている。この発明の条件に合わせるために、完成フィルムが構成されている第1光学的性質のすべての部分の平均屈折率 $\bar{n}$ が、 $n_2$ 、 $n_3$ の値よりもより大であることが必要である。第2の光学的性質は表面凹凸構造304の上に載っている被覆308の残部より成り、第3の光学的性質は表面凹凸構造304の下方にある熱可塑性材料300の残部である。

第3図において、被覆層306の厚さ $c$ はエンボスされた矩形起伏格子の物理的深さ $a$ よりも小さくはなつていないが、これは重要なことではない。被覆層306の厚さ

ている。第30図に示されるように、入射角0では、Eベクトルの零次反射スペクトルは大きな1個のピークを示す。この1個のピークが現われる、相対波長スペクトルの細分区分の位置は前述した関係(4)によるものである。詳しくは、実質的に $n_2$ または $n_3$ の最大値（第3b図では1.0）に等しい対象とするスペクトルの範囲 $\lambda_1 < \lambda < \lambda_2$ 中に在る相対波長 $\lambda/\lambda_0$ の一つの細分区分に亘つてのみこのピークが生ずる。第2図に関連して既に述べた様に、第30図、第3d図および第3e図のそれぞれにおけるHベクトル偏光は、全体的な反射光に僅かしか寄与しないが、機械的識別用に適した鋭い急峻なピークという様な特徴を持っている。より一般的には、0度における1個の大きなピーク（第30図中の大きなピークの如き）の幅は、被覆材料の屈折率 $n_1$ の増大および被覆厚さ $c$ の増加につれて、増大する。どの様な格子断面形式に対しても、その深さおよび/または被覆厚さの値を調節することによつて、100%に近いピーク反射（レフレクティビティ）を得ることができる。第30図に示されるように、Eベクトル偏光のこの大きなピークは上記すべての条件に合致する。更に、Eベクトル偏光は $\lambda/\lambda_0$ の値が1に近い所で比較的弱い反射ピークを呈し、またHベクトル偏光は $\lambda/\lambda_0$ の値が1.52に近い所で比較的急峻な反射ピークを示す。

第3d図と第3e図に示されるように、この反射スペクトルは、格子線に平行な（紙面に垂直な）軸線に対し

0はエンボスされた矩形起伏格子の深さ $a$ より大きくても良い。この場合の完成フィルムの形状は、現に第3図の完成フィルムの形状は、現に第3図に示されている完成フィルムよりもむしろ第3a図に示された外観を持つことになろう。

第3b図は、第3図および第3a図の完成フィルムによつて形成されるこの発明の特定実施例を理想化した形で示している。第3b図に示されるように、被覆層306の比較的高い屈折率 $n_1$ は3に等しく、比較的低い屈折率 $n_2$ と $n_3$ は共に1.5に等しく、矩形波の周期 $d$ は50%のアスペクト比すなわちデューティ・サイクル（すなわち方形波である）を有し、被覆層306の厚さ $c$ は相対値0.22 $d$ であり、また上記起伏部の溝内に在る被覆層306の上面と被覆された起伏部の頂上にある被覆層306の底面との間の距離は相対値で0.055 $d$ である。従つて、方形波断面の深さ $a$ は0.275 $d$ （0.22 $d$ と0.055 $d$ の和）である。第3b図に示された特定の構造とパラメータ値についてマックスウェル方程式を解くようにプログラムされたコンピュータで、値 $\lambda/\lambda_0$ が1～2.5の相対的範囲に亘つて延在する波長スペクトルにおける多色光の種々の入射角に対し第30図、第3d図および第3e図に示される零次反射スペクトルを算出した。第30図は、垂直に対し入射角0度の場合のEベクトル零次反射スペクトルとHベクトルの反射スペクトルであるが、第3d図および第3e図は垂直に対しそれぞれ20度および40度の場合のそれら反射スペクトルを示して

傾いている入射角に対して、それぞれ短波長側および長波長側に対称的に移動する2つのピークに分れる。 $\alpha=0^\circ$ の元の位置からの波長偏移の量は $da$ の程度である。しかし、格子線に対し直角の軸線に関して傾斜した角度に於て、短波長側へ向つて、ピークの分割を伴わずに、弱い偏移が起る。この弱い偏移は、普通の干渉フィルム構造で観測される偏移に依存する $\cos \alpha$ に似たものである。

格子周期 $d$ を適正に選択することにより $\alpha=0$ に対するピークを赤にかくことができる。従つて、 $\alpha=10^\circ$ 更に $30^\circ$ と代表的に偏移させると（格子線に対し平行に）、緑、続いて青になる。しかし、格子周期 $d$ を $\alpha=0$ でピークが緑になるように選ぶと、代表的な偏移によつてマゼンタが生ずる。最後に、格子周期 $d$ を $\alpha=0$ においてピークが青にあるように選ぶと、代表的な偏移によつて緑へ次いで赤へと色の変化が起る。この色変化の説明は、第3b図に示される特定構造のような特別の構造はそれに固有のスペクトル特性（これは、第3b図では、第30図と第3d図に示す中間的な大きさの付加EおよびHベクトル偏光の作用を含んでいる）を呈するので、成程簡単化している。

$\lambda$ が0.4～0.7 $\mu$ の可視波長スペクトル内にあるとき、格子周期 $d$ の典型的な値は0.1～0.65 $\mu$ でありまた典型的な格子深さ $a$ は0.1～0.2 $\mu$ である。被覆材料の屈折率は通常1.7～5の範囲にある。実際には、屈折率 $n_1$ は1に依存した複合値（被覆材料について）である



から、フィルタの設計には更に可変性が加わる。

第3図では、被覆は凹凸構造の表面に垂直に完全に行なわれ、従つて矩形波状断面の底部全体および頂部全体における被覆の厚さは互に等しいものと仮定している。実際には、凹凸構造の表面に垂直に指向された蒸着またはイオンビーム・スパッタリングの如き実用的な被覆法によつては、上記の様な完全な被覆状態に近づくだけでそれに到達することはできない。その結果、実際には、第3図の方法は、第3図または第3a図に似たものよりは第4図に良く似ているような形状を有する完成フィルタを作るようになる。第4図と第3図および第3a図の形状の主たる違いは、矩形波状凹凸構造304の頂上にある被覆材料306の厚さが、この矩形波状断面の頂上にある該材料の厚さよりも可成り大きいことである。

第4a図は、第4図の形状に近似した形状の一特定例を理想化した形で示している。第4a図において、被覆材料306の比較的高い屈折率 $n_1$ の値は2.5で、構造304と被覆308の各屈折率 $n_2$ と $n_3$ は1.5である。第4a図に示されるように、構造304と被覆層308間の界面は、周期 $d$ と比較的大振幅0.3 $d$ を持つ方形波状をなしている。被覆308と被覆層306間の界面は、周期が $d$ で比較的低振幅0.1 $d$ を有する方形波状をなしている。更に、この比較的低振幅の方形波の頂は比較的大振幅方形波の頂部の上方0.1 $d$ の距離に位置している。従つて、第4a図の場合には第1の光学的媒質の全厚さ

行なう必要はない。第5図には、構造304の凹凸表面に対して比較的大きな傾斜角(すなわち約45度)で図306が被覆された完成フィルタの構造が示されている。この様な角度付き被覆は、角度的にずれた被覆層から蒸着またはイオンビーム・スパッタリングによつて行なうことができる。第5a図は第5図に示される構造の特定例を理想化した形で示している。第5a図において、被覆材料306の比較的高い屈折率 $n_1$ は3であり、構造304と被覆308の各屈折率 $n_2$ と $n_3$ は1.5である。第5a図において、材料306のL形被覆部は相互間隔が0.5 $d$ でかつ周期 $d$ をもつて周期的に形成されている。材料306の各L形被覆部の水平脚部の幅と高さはそれぞれ0.3 $d$ と0.25 $d$ である。材料306の各L形被覆部の垂直脚部の幅と高さはそれぞれ0.18 $d$ と0.2 $d$ である。第5a図に示された寸法は、被覆材料306の蒸着角を約35度として第3図の方法を使用して得られるものに近似している。

第5図と第5a図に示された形状を模倣装置に使用したときの一つの特徴は、第3図の構造の外に、各個々の格子線がホスト材料で完全に密封された特に安全な構造の部類に入っていることである。この密封によつて、被覆層がはがれて格子の物理的構造が露出する可能性が抑制される。

第5b図と第5c図は、それぞれ、コンピュータによつてマツクスウェルの方程式から算出された、第5a図

は0.5 $d$ である。

第4b図と第4c図は、それぞれ、入射角が0度と30度の場合につき、第4a図に示される構造と物理的パラメータを有するフィルタについてマツクスウェルの方程式を解いて計算した、零次反射スペクトルを示している。第4b図と第4c図に示される零次反射スペクトルと第30図、第3d図および第3e図に示された零次反射スペクトル間の、一方においては類似性をまた他方においては相異点に注目すべきである。より詳しく説明すれば、第4b図に示された主たる特徴は、0度の場合強いEベクトルは $\lambda$ の相対値が約1.8 $d$ のところに反射ピークを持っていることである。第4c図に示されるように、入射角30度の場合には、このピークは $\lambda$ の相対値が約1.38 $d$ と約2.25 $d$ に等しいところの2つのピークに分かれる。これは、第30図、第3d図および第3e図に関連して上述した一般の原理と合致している。更に、入射角が30度の場合、Eベクトル偏光スペクトル中の第3のピークが第4c図に示されるように $\lambda$ の相対値が約1.8 $d$ の点で観測される。第4b図に示されるように、入射角0度に対するHベクトル偏光スペクトルは殆ど特徴が無い。しかし、第4c図に示されるように、入射角30度では数個の急峻な共振部を有する複雑なスペクトルが生ずる。これらの急峻なピークが機械的別用として理想的なものであることは明らかである。

被覆層306の被覆は構造304の凹凸表面に垂直に

に示される形の物理的パラメータを有するフィルタの、0度および30度の場合の零次反射スペクトルを示している。第5b図に示されるように、0度に対する真出したEベクトル偏光スペクトルは、良好な色を生成するのに適した面めて急峻な共振部を有する帯域通過特性を持っている。Hベクトル偏光の特徴は2つの急峻なピークがあることである。第5c図に示されるように、30度では、 $\lambda$ の相対値が概々1.6 $d$ と2.3 $d$ に等しい位置にある2つの偏移したピークは、その強度が非常に低減されていて強い色効果を生じない。この強度の低下は前述の例とは逆であるが、この低強度特性の有効な用途は、成る構造の裏面に、0度に近い小さな視角では見えないが20度近辺の大きな視角では見えると共に読取り可能な情報を印刷することであろう。

多数の構造が製作された。それらの構造は主として第3図、第3a図および第4図に示された形態を持つている。第4図(または第4a図)に示された様な形態を有するその様な構造の一つは、先ず写真印刷法を使つてホトレジストに方形波の表面凹凸構造( $d=0.58\mu$ ,  $\tau=0.12\mu$ )を形成し、次に蒸着法でZnS( $n=0.12\mu$ )を被覆し、最後にこの装置を紫外線硬化性エポキシ樹脂剤で被覆して製作した。この製造は実験的なもので多量生産を意図していない段階なので、熱プレスや焼結法は使われていない。採用した物理的パラメータは、前述の第4a図についてコンピュータによる数値計算用として



選んだものに充分対応するものであつた。第8a図と第8b図は、それぞれ、こうして製作した構造から実験的に得られた0度30度に対する零次反射スペクトルを示している。第4b図と第4c図に示された電算機の計算によるスペクトルと第8a図と第8b図に示された対応実験スペクトルとの間には、良好な定性的一致が認められた。第4a図と第4b図に関連して上述した主ピークのすべてが識別され比較されたが、その強度と第8a図と第8b図における正確な位置は僅かに変つている。

以上の論議に関する限り構造504の表面凹凸は常に矩形波状断面を持つていた。これは、そうである必要はない。第7図は、構造504の表面凹凸が三角波状であるこの発明の一例を示している。更に第7図に示されるように、波層厚508は第5図に関連して説明したと同様に成る傾斜角をもつて波層して、三角波形の2つの露出面のうちの一つだけを被覆するようにしている。

第2図～第7図に示されたすべての形態は第1図に示されたフィルタの実施例である。それらの実施例はそれぞれ単にこの発明を説明するための一例と理解すべきである。図示していないが、第1図に関連して説明した諸要件に合致する他のどの様な構造もこの発明の範囲内に含まれる。実際に、凹凸構造、材料、波層厚さ、その他の特定の選択によつて、無数の異なる格子構造を作ることができる。

ここに説明したすべての構造は、たとえ製造者が多額

ある。第8図に示されるように、認証装置800のような1個またはそれ以上の色の認証装置が、前述の特許出願により詳しく説明されているようなシート材料から成る認証品目182に貼付けられている。認証装置800は、この発明の実施例のうちのどれか（たとえば、第5図に示された実施例）を組み込んだフィルタ構造を持つてゐる。その様な認証装置800の一例が第9図に示されている。第9図において、認証装置800は第2の領域902で囲まれた寸法Wの第1の領域900を持つてゐる。領域900はこの発明の原理を応用した第1の回折構造で作られており、認証装置800の表面に対する視線に対し0度の角度の拡散多色光で見たとき第1の色相（たとえば、赤）を有する零次反射光を生成する。領域902は、この発明の原理を応用した第2の回折構造より成り、認証装置800の表面の視線に対し角度0度の拡散多色光で見たときコントラストのある第2の色相（たとえば、緑）を持つ零次反射光を生成する。認証装置800を（普通、認証品目802と一緒に）傾けて、傾いた入射角で見ると、領域900における赤のような第1の色相は緑に変わり、一方同時に領域902の緑のような第2の色相はマゼンタに変わる。領域900の寸法Wの大きさは、少なくとも、30°程度の通常の観察距離から領域902を容易に見ることができるよう十分な大きさである。

認証装置には、他の種々の製造品に対すると同様に、

の資本および利用可能な技術手段を持つていたとしても、偽造することは極めて困難である。これは少なくとも2つの事実に因るものである。第1にその構造の形状寸法を光学的（非破壊的）手段によつて調べる事が事実上不可能である。その構造の光学的特性を計算することは可能であるが逆算は今日の電算機の計算能力を超えたものになる。第2に、その構造は非常に微細で通常ミクロンの何分の1かの範囲の寸法であるから、それを機械的に破り化学的に解析することは不可能ではないにしても極めて困難である。特に、第3図、第5図および第7図に示されたような構造は解析のために分離することは極端に難かしい。何故ならその波層材料は包囲材料によつて完全に囲まれた個々別々の線として分離されているからである。更に、第5図に示される方法の第1段階ではマスクの表面凹凸パターンを使つてこのマスクの多数の複製体に表面凹凸パターンを再生している。複製体を作るのに同一マスクを繰返し使うので、この方法は本質的に高い再現性を有すると共に、原型のマスクを誰かの手に入れない限り簡単にコピーされることはない。

この発明のフィルタ構造は、前述の特許出願中に説明されている形式の認証装置用としてのすべての要求に合致し、更に偽造することが非常に難かしいので、この発明を応用したフィルタ構造はその様な認証装置に用いるのに特に好適する。

第8図と第9図は前述の特許出願の図面と同様な図で

この発明の種々の特徴を有利に組合せることができる。たとえば、領域900のような一つの領域における格子線は、領域902のような他の領域の格子線とは異つた向きとすることができる。更に、成る領域に、互に異なる周期性および/または方位角を持つた格子線を重畳使用することもできる。スペクトルの角度による識別が、格子線に平行な軸周りの傾斜と格子線に直交する軸周りの傾斜との間で明らかに異なるという事実は、他の製造品に対すると同様に認証装置に利用することができる。この発明の原理を利用するに当つて、成る観察条件のときのみ背景から見分けることができその他の観察条件では見分け得ないような場合に文字テキストを作ることができる。この点については、この発明の原理に従つて製作されている回折構造表面の一部を選択的に破壊することによつて、テキスト文字を露出するのに集束したレーザビームを利用することができる。

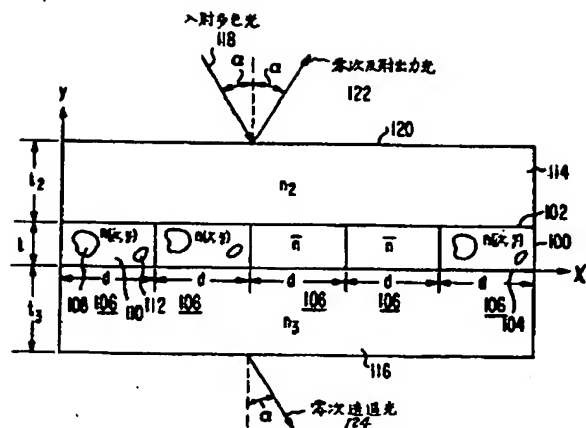


図1

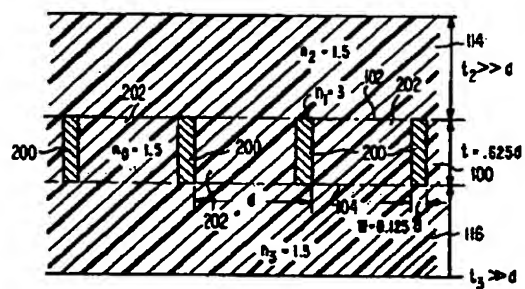


図2

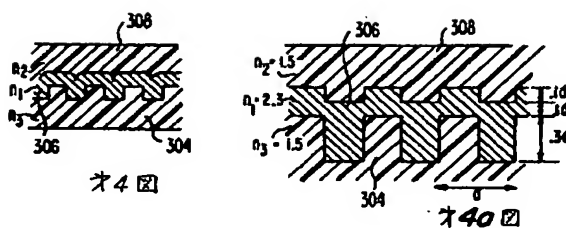


図3

図4

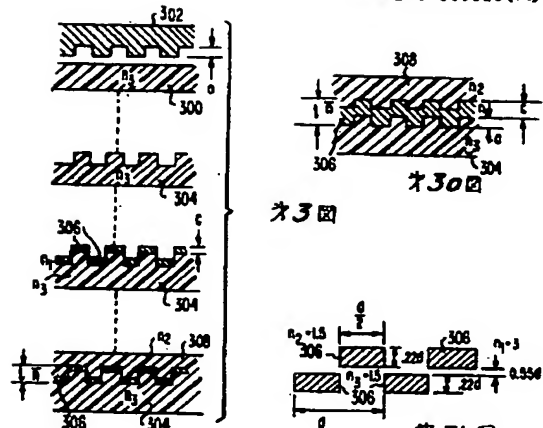


図5

図6

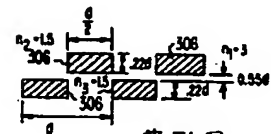


図7

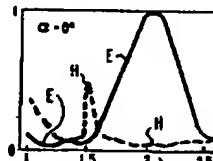


図8

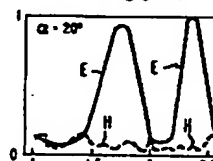


図9

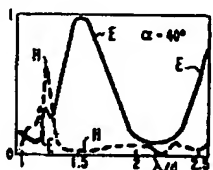


図10

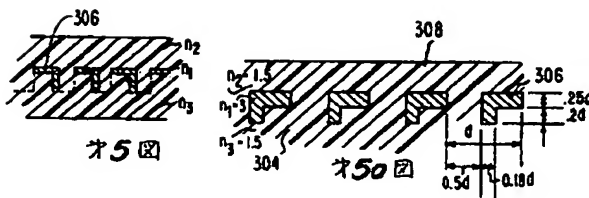


図11

図12

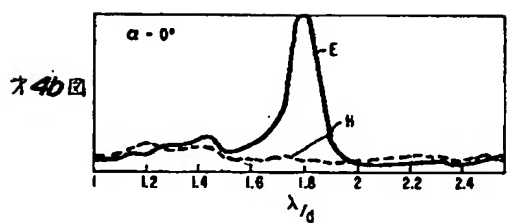


図13

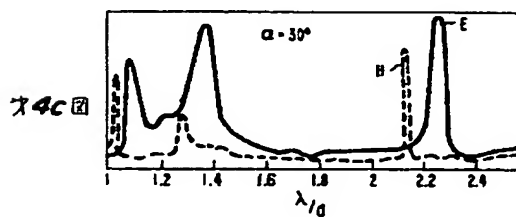


図14

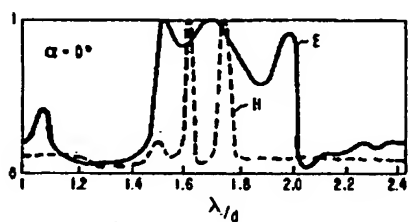


図15

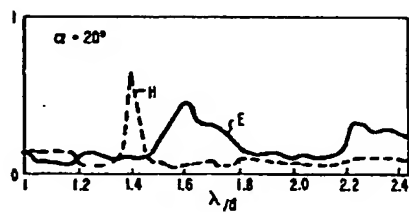


図16



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**